

PELUANG PENGHEMATAN ENERGI UAP MENGUNAKAN METODE NON - INVESTMENT POINT

Rahmat ¹⁾, Bambang Setyoko ²⁾, Seno Darmanto ³⁾

ABSTRACT

Energy efficiency of boiler system is the main parameter in depressing of operational cost. There are two methods to improving efficiency of boiler system. The one is Non-Investment Point method, where not need adding expense to improving energy process by installing of the new equipment in the system ,nevertheless it is signifikan mean . From perceiving experience-data sources, about 10 % - 20 % losses can be saved by non-investment point method.

Key Word : Boiler, Efficiency, Non-Investment Methode

PENDAHULUAN

Berdasarkan azas termodinamika, besarnya efisiensi boiler yang beroperasi pada tekanan uap dan suhu pembakaran tertentu, hanya dipengaruhi oleh suhu gas buang. Namun demikian, boiler sebagai bagian dari sebuah sistem penyedia uap tekan, selalu memiliki efisiensi total yang lebih rendah dibanding efisiensi diatas.

Banyak variabel proses memberikan kontribusi terhadap menurunnya efisiensi, dimulai dari proses pembakaran, proses heat transfer, proses aliran fluida dan penyebab lain yang sulit atau bahkan tak mungkin dihilangkan.

Disadari bahwa penurunan efisiensi sebesar 1 % pada boiler yang berkapasitas ratusan mega-watt dan bekerja secara kontinyu, akan menyebabkan pemborosan biaya operasional yang sangat perlu untuk diselamatkan.

Melalui pengamatan data lapangan, dimungkinkan hingga 20 % kerugian energi dapat diselamatkan melalui Non Investment Point Methods (NIPM), maka NIPM memegang peran yang penting bagi industri yang mengandalkan uap sebagai energy utama dalam proses. Terdapat setidaknya 10 poin penting perlu dilakukan pada saat pengoperasian sistem boiler. Oleh karena itu pendekatan yang utama bagi tercapainya NIPM adalah melalui penerapan manajemen operasi.

Rasio Udara – Bahan Bakar

Perbandingan udara bahan bakar merupakan parameter terpenting yang berpengaruh terhadap efisiensi boiler. Prosentase perbandingan udara dinyatakan sebagai $AF/AF_{\text{teoritik}} \times 100$. Prosentase perbandingan udara pembakaran yang berlebih merupakan penyebab utama menurunnya efisiensi boiler dikarenakan terlalu banyaknya energi yang dikonveksi oleh boiler melalui gas bekas. Kelebihan udara teoritik hingga 200 % berpengaruh menurunnya efisiensi boiler antara 3 – 8 % tergantung pada suhu gas bekas. Penurunan efisiensi boiler oleh kenaikan suhu gas bekas pada prosentase udara teoritik tertentu ditimbulkan oleh kandungan energi sensibel pada gas bekas.

Penurunan efisiensi akan lebih terasa pada prosentase udara rendah dibanding prosentase udara berlebih. Pembakaran yang tidak sempurna membatasi energi bahan bakar yang tersedia merupakan kontribusi utama terhadap penurunan efisiensi yang besar. Penurunan ini tidak begitu banyak dipengaruhi oleh suhu gas bekas dikarenakan energi

¹⁾ Staf Pengajar PSD III Teknik Mesin UNDIP

²⁾ Staf Pengajar PSD III Teknik Mesin UNDIP

³⁾ Staf Pengajar PSD III Teknik Mesin UNDIP

yang hilang pada pembakaran yang tidak sempurna akan lebih dominan dibanding energi sensible yang hilang pada gas bekas.

Anggap saja volume udara dijaga tetap yang besarnya dipilih agar memberikan prosentase O_2 tertentu di dalam gas bekas kering pada kondisi atmosfer standar dan kelembaban 0 %. Begitu tekanan udara turun dibawah standar normal (14.7 psia), efisiensi boiler menurun cukup tajam tidak sebanding dengan penurunan efisiensi akibat kenaikan tekanan atmosfer. Penurunan tekanan udara suplai menyebabkan tidak sempurnanya proses pembakaran dikarenakan aliran masa udara berkurang oleh rapat masa udara yang rendah. Tekanan udara masuk yang tinggi menghasikan kelebihan udara dan hanya sedikit pengaruhnya terhadap penurunan efisiensi. Sementara itu apabila volume udara suplai di pertahankan tetap dan menghasikan angka kelebihan udara tertentu pada kondisi tekanan atmosfer standar, sebenarnya efisiensi akan bertambah seiring dengan menurunnya tekanan atmosfer hingga angka udara teoritik dicapai. Apabila penurunan tekanan udara berlanjut, akan berakibat udara pembakaran menjadi tidak cukup. Untuk pergeseran sedikit angka kelebihan udara pada kondisi atmosfer standar, efisiensi akan sedikit saja mengalami pergeseran oleh perubahan tekanan atmosfer. Dengan demikian dalam mengatur boiler untuk perbandingan udara bahan bakar yang tepat, laju aliran udara masuk dapat dikurangi hingga sedikit di atas nilai teoritik tanpa secara kontinyu perlu mengatur berkaitan dengan perubahan kondisi udara luar. Pada umumnya dalam praktek, pengaturan laju aliran udara pembakaran diatur pada 50 – 100 % kelebihan udara udara pembakaran sehingga tidak perlu kompensasi pengaturan akibat perubahan tekanan udara lingkungan.

Apabila tekanan dan laju aliran volume udara pada keadaan tetap, maka variasi laju aliran massa berbanding terbalik dengan suhu. Dengan berdasar 0 % O_2 pada gas bekas sebagai acuan dan boiler memiliki efisiensi puncak pada suhu 70 °F digunakan sebagai kondisi disain. Penurunan efisiensi pada sisi yang lain di luar titik disain disebabkan oleh kelebihan oxygen atau pembakaran yang tidak sempurna.

Suhu Gas Bekas

Penurunan kinerja boiler dapat terjadi apabila suhu gas bekas keluar boiler meningkat. Oleh karena itu diagnose melalui pengukuran terhadap kemungkinan kenaikan suhu gas buang merupakan hal penting. Pengukuran tersebut harus dicatat setiap hari bersamaan dengan pencatatan kondisi beban uap dan kondisi udara sekitar. Lokasi detektor terletak sedekat mungkin dengan titik akhir proses pertukaran kalor. Dengan kata lain, apabila boiler dilengkapi dengan feedwater economizer, maka sensor terletak pada sisi keluar economizer.

Dibandingkan dengan pengaruh rasio udara-bahan bakar terhadap pengendalian efisiensi boiler, suhu cerobong menduduki posisi kedua. Sesuai dengan azas termodinamika II, suhu gas buang harus serendah mungkin untuk mendapatkan efisiensi boiler yang optimal.. Secara mendasar, terdapat dua penyebab tingginya suhu cerobong, yaitu tidak cukupnya luasan permukaan dan terdapatnya endapan kerak pada permukaan heat-transfer.

Suhu gas bekas yang terbaik dijaga pada harga tertentu untuk meminimalkan terjadinya korosi asam sulfida yaitu antara 300 °F hingga 350 °F. Apabila kandungan bahan bakar mengandung asam sulfida lebih dari 2.0 %, maka suhu cerobong harus lebih tinggi dari suhu di atas. Dengan suhu cerobong kurang dari 250 °F, bahan cerobong akan terkena korosi secara cepat. Kebanyakan boiler bekerja pada suhu cerobong 600 °F atau lebih. Tentu saja tidaklah menguntungkan dilihat dari segi penghematan bahan bakar, namun hal ini dipilih karena upaya pencegahan korosi pada bahan cerobong. Treatment

terhadap feed-water sangat penting untuk menjaga permukaan heat transfer tetap bersih dan menurunkan suhu gas bekas. Apabila luas permukaan heat transfer tidak cukup dikarenakan oleh kekeliruan disain, maka dapat diatasi dengan pemasangan air-preheater atau economizer. Perilaku efisiensi terhadap suhu gas buang untuk bahan bakar gas alam dipengaruhi oleh angka kelebihan udara. Pada suhu gas bekas yang sama, efisiensi boiler lebih rendah untuk angka kelebihan udara yang tinggi.

Tekanan Kerja Boiler

Boiler selalu bekerja pada tekanan yang lebih tinggi dari tekanan yang diperlukan. Dengan menurunkan tekanan boiler secara perlahan lahan sampai titik dimana jumlah uap yang dihasilkan tetap mampu memenuhi kebutuhan proses, mampu memperoleh peningkatan efisiensi meskipun besarnya peningkatan efisiensi tersebut sangat tergantung besarnya nilai penurunan tekanan uap yang terjadi.

Sepertinya tidak terlalu dapat diyakini bahwa penurunan tekanan kerja boiler akan menghasilkan penghematan bahan bakar. Dari pengalaman menunjukkan bahwa hanya terdapat penghematan sekitar ½ % bahan bakar setiap penurunan tekanan 35 psig. Tetapi hal ini dapat difahami bahwa dengan tekanan kerja yang rendah akan

- a. Menurunkan suhu gas bekas dikarenakan meningkatnya proses heat transfer.
- b. Menurunkan kerugian kalor dari boiler dan perpipaan.
- c. Menurunkan tingkat kebocoran uap karena tekanan lebih rendah.

Persoalannya adalah diperlukannya penggantian relief valve, pengaturan periode blowdown dan sirkulasi boiler harus di upset.

Dari sudut pandang siklus termodinamika, boiler yang bekerja pada tekanan yang tinggi memiliki efisiensi siklus yang tinggi. Akan tetapi hal ini tidak selalu menguntungkan apabila aktifitas sistem bukan kombinasi antara sistem kalor dan sistem tenaga. Sebenarnya apabila boiler mensuplai uap hanya untuk tujuan perpindahan kalor, tekanan uap yang rendah akan meningkatkan efisiensi sistem, karena tekanan kerja yang rendah memiliki dampak positif pada sistem instalasi uap.

Begitu tekanan uap diturunkan, suhu penguapan air di dalam boiler akan turun. Hal ini akan meningkatkan proses heat transfer ke air boiler dan akan meningkatkan efisiensi boiler. Peningkatan efisiensi tersebut direalisasikan melalui penurunan suhu gas bekas, meskipun tingkat penurunan suhu gas bekas masih harus juga mempertimbangkan aspek korosi pada cerobong.

Pembatasan penurunan tekanan perlu diperhitungkan untuk sistem instalasi uap yang mensuplai uap proses dengan kebutuhan massa yang tetap. Dengan diturunkannya tekanan uap, maka rapat massa uap akan turun, sehingga laju aliran perlu ditingkatkan. Sementara itu kerugian gesekan aliran akan meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan uap, sehingga ada kemungkinan suplai uap menjadi tidak cukup apabila laju aliran tidak ditingkatkan. Hal yang berkebalikan terjadi bahwa dengan diturunkannya tekanan, berarti suhu uap akan turun dan menjadikan kerugian heat transfer akan berkurang sepanjang sistem distribusi uap, meskipun kenyataan dapat merugikan proses heat transfer pada heat exchanger. Dengan kata lain bahwa estimasi dampak penurunan tekanan uap terhadap peningkatan efisiensi boiler perlu kajian lebih teliti.

Suhu Bahan Bakar

Bahan bakar dengan nilai viskositas tertentu akan mengalami atomisasi dengan kualitas terbaik hanya pada tekanan yang tepat. Viskositas yang terlalu tinggi atau terlalu rendah akan cenderung mengalami atomisasi yang buruk dan berakibat menyebabkan

efisiensi pembakaran yang rendah. Pada umumnya bahan bakar perlu dipanaskan terlebih dahulu menggunakan preheater hingga viskositas berada pada rentang antara 100 hingga 300 SUS. Suhu kerja preheater tergantung pada grade atau karakter bahan bakar yang digunakan.

Terbentuknya atomisasi yang baik juga ditentukan oleh proses percampuran bahan bakar dan udara. Apabila campuran udara-bahan bakar terlalu pekat atau terlalu encer, percampuran yang terjadi pada nozzle tidak rata dan menyebabkan menurunnya efisiensi. Suhu preheater dapat dibaca dengan dial-thermometer, sedangkan viskositas dapat diukur dengan menggunakan portable viscometer. Sebagai contoh untuk mendapatkan viscositas antara 100 – 300 SUS memerlukan pemanasan bahan bakar antara 100 sampai 110 °C untuk grade no 6 dan 70 sampai 80 °C untuk grade no 4. Dengan menaikkan suhu bahan bakar untuk mendapatkan atomisasi yang sempurna, dapat diperoleh penghematan hingga 5 %.

Atomisasi Bahan Bakar

Atomisasi bahan bakar merupakan fungsi tekanan bahan bakar, kekentalan bahan bakar, udara primer dan disain nosel. Mengoperasikan berner pada tekanan yang lebih tinggi atau lebih rendah akan menurunkan efisiensi pembakaran. Dengan mengatur tekanan bahan bakar sesuai dengan instruksi operasi nosel dari pabrik, akan mampu meningkatkan efisiensi sekitar 1%.

Pengendalian Boiler Tunggal

Boiler bisa saja bekerja dengan kondisi ON untuk beberapa menit dan kemudian OFF untuk beberapa menit. Hal ini akan menyebabkan kehilangan energi yang cukup besar dikarenakan terbuangnya kalor dari boiler pada saat OFF. Atau boiler bisa saja dalam kondisi HUNT yaitu laju pengapian secara kontinyu diatur dan menghasilkan kelebihan udara yang cukup besar. Kehilangan energi pada keadaan ini bisa diatasi dengan cara mengatur kelajuan pembakaran pada daerah menengah.

Proses Blowdown

Air harus secara kontinu ditambahkan ke dalam boiler untuk menggantikan uap yang diproduksi. Padatan yang terkandung didalam make-up water semakin menambah konsentasi sebanding dengan jumlah uap yang diproduksi. Air di dalam boiler harus di blowdown untuk mencegah terjadinya penyumbatan pada boiler. Frekwensi blowdown tergantung dari jumlah padatan dan kebiasaan. Terdapat 2 type blowdown yaitu :

- Mud-blowdown, yaitu untuk membuang lumpur berat yang mengendap pada dasar boiler, dilakukan beberapa detik dengan interval waktu tertentu.
- Continousblowdown atau kimming blowdown dimaksudkan untuk mengeluarkan padatan yang terkandung dalam air.

Kandungan bahan kimia atau kualitas feed-water diketahui melalui test laboratorium untuk menentukan water-treatment yang cocok, dan sekaligus untuk menaksir seberapa banyak blowdown secara riil diperlukan.

Proses blowdown dilakukan dalam keadaan boiler beroperasi, sehingga aliran blowdown mengandung energi yang praktis terbuang. Kelebihan blowdown disebabkan oleh proses water treatment yang buruk atau kondisi operasi yang buruk. Oleh karena itu pengendalian kualitas feedwater dengan cara menerapkan metode pengolahan yang cocok dan menerapkan prosedur operasi yang benar, merupakan bagian dari upaya mencegah kehilangan energi dan meningkatkan efisiensi sekitar 1%.

Pengendalian konduktivitas Boiler-water merupakan cara terbaik untuk mengendalikan laju blowdown, meskipun aliran air blowdown yang sesungguhnya tak dapat diketahui dari skema pengendalian tersebut. Untuk menentukan besarnya kerugian yang berkaitan dengan proses blowdown, laju aliran massa air blowdown harus diketahui. Laju aliran blowdown merupakan aliran yang tak dapat diukur dengan flowmeter secara langsung, dikarenakan tingkat kesulitan flowmeter. Akan tetapi estimasi yang akurat mengenai jumlah blow down dapat dilakukan dengan analisa kimia terhadap kandungan chlorida, silica, atau komponen kimia lainnya apabila sistem menerapkan type continuous-blowdown. Analisis itu dilakukan oleh team ahli yang ditempatkan pada seksi water-treatment.

Kehati hatian harus diberikan untuk melakukan evaluasi boiler yang hanya menggunakan intermitent-blowdown. Intermitent blowdown dapat sangat efektif dan diutamakan untuk penegendalian dan manajemen kimia air pengisi pada kapasitas boiler kecil dengan tekanan kerja rendah. Blowdown dapat dilakukan sekali hingga tiga kali sehari dengan cara membuka kran blowdown untuk beberapa detik. Metoda ini menninggalaknan air blowdown di dalam boiler lebih banyak dibanding continuous blowdown. Oleh karena itu untuk boiler kapasitas besar, lebih efektif menggunakan metode continuous blowdown.

Air blowdown biasanya sekitar 10 % dari laju alir air pengisi boiler, meskipun ada kemungkinan kurang dari 5 % apabila kualitas pengolahan air dilakukan secara baik. Beberapa variabel mempengaruhi jumlah blowdown, diantaranya tekanan uap, kemurnian air, dan pelaksanaan program pengolahan.

Pembebanan Multi Boiler

Efisiensi boiler bervariasi antara satu dengan lainnya bergantung dari disain, pembebanan, usia boiler, dan faktor lain. Puncak efisiensi kerja terjadi pada pembebanan di bawah 100% dikarenakan adanya interaksi antara suhu cerobong, aliran udara lebih, dan kerugian radiasi permukaan. Oleh karena itu perlu secara selektif memilih menggunakan boiler yang berefisiensi tinggi diantara seluruh boiler yang ada. Pada saat terjadi beban rendah, harus dihindarkan dari kondisi semua boiler dijalankan, tetapi perlu disusun skedul berdasarkan data efisiensi boiler dan kondisi beban. Pemilihan boiler dapat dilakukan dengan mengacu pada karakter kinerja sebagai fungsi beban, menganalisa puncak konsumsi uap yang diperlukan, mengkoordinasikan operasi antara boiler dan pabrik, dan mengendalikan setiap boiler beroperasi pada efisiensi puncak.

Kebocoran Sistem Pipa

Kebocoran kecil pada dinding pipa yang cacat atau sebab sebab korosi akan menyebabkan kerugian uap yang besar. Pemeriksaan terhadap kemungkinan kebocoran sepanjang pipa perlu dilakukan secara rutin khususnya pipa yang sudah cukup usia. Penanganan kebocoran dapat dilakukan dengan cara menyumbat pada lubang kebocoran menggunakan las, soldir atau soldir bergantung jenis bagan pipa dan tinggi tekan uap yang ada.

Kebocoran Steam -Trap

Terdapat 3 type steam trap konvensional yaitu type mekanik, termostatik dan termodinamik. Masing masing type beroperasi dengan prinsip yang berbeda yaitu berdasarkan perbedaan rapat massa antara uap dan kondensat, perbedaan suhu, dan perbedaan energi. Pengetesan steam trap harus merupakan salah satu bagian dari program

perawatan reguler. Pengetesan ini dapat dilakukan menggunakan salah satu dari metode berikut :

- a. Visual : Perlu diingat bahwa uap yang lepas sangat mungkin tidak kelihatan pada sumbernya apabila bocor pada kecepatan tinggi, hal ini harus dibedakan dengan uap pancaran yang kelihatan pada sumbernya.
- b. Perbedaan Suhu : Sepanjang beda suhu melintasi trap diketahui, pita sensitip terhadap suhu dapat digunakan untuk mendeteksi perbedaan suhu antara uap pada sisi hulu dan kondensat pada sisi hilir.
- c. Metode Suara : Dengar dengan Sonic detector atau stethoscope untuk mendeteksi kebocoran trap. Pengguna metode ini harus familier dengan jenis suara yang ditimbulkan oleh tiga jenis steam trap konvensional.

Perlu dilakukan pengecekan terhadap steam trap secara rutin terhadap kemungkinan kebocoran dan segera dilakukan perbaikan jika steam trap mengalami kesalahan fungsi atau kerusakan. Apabila hal ini dilakukan maka memiliki potensi penghematan antara 5 – 10 %.

KESIMPULAN

Non Investment point peningkatan efisiensi boiler memberikan acuan usaha penghematan energi pada sistem uap yang secara langsung menurunkan operational cost tanpa penambahan biaya investasi. Metode ini cukup sederhana namun memerlukan komitmen pelaksanaan melalui penerapan manajemen operasi dan perawatan yang teliti. Estimasi mengenai besar penghematan energi atau biaya pada setiap point agak sulit ditentukan, karena hanya melibatkan pendekatan yang lebih bersifat empirik. Namun demikian beberapa pustaka telah banyak menampilkan metode pendekatan menggunakan kaidah termodinamika, meskipun pada kenyataan dilapangan masih perlu ada pertimbangan yang terkait dengan variabel lingkungan, aplikasi proses, besar kapasitas dan disain instalasi. Lagi pula signifikansi penghematan biaya operasi masih juga dipengaruhi oleh pengambil kebijakan pengelola industri itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

1. Albert Thuman P.E., CEM., Guide to Improving Efficiency of Combustion Systems, The Fairmont Press.Inc.,1988
2. Greg Harrel, PhD.,P.E.,Steam System Survey Guide, Oak Ridge National Laboratory, US. Department of Energy, 2002
3. Industrial Technology Program,Best Practice Steam Technical Brief, - US Department of Energy, DOE/GO 102005., 2005
4. Ronald A. Zeitz, , Energy Efficiency Handbook, Council of Industrial Boiler Owner,Burke, 1997
5. Thomas Garcia Borrass, Manual for Improving Boiler and Furnace Performance, Gulf Publishing Company, Houston, 1983